

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-171648

(43)Date of publication of application : 23.06.2000

(51)Int.Cl.

G02B 6/12

G02B 6/122

(21)Application number : 10-342606

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 02.12.1998

(72)Inventor : HANADA TADAHIKO

## (54) ARRAY WAVEGUIDE GRATING

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain an array waveguide grating in which a low adjacent channel cross talk level and a high diffraction efficiency are simultaneously realized.

**SOLUTION:** In input waveguides 11 located in the vicinity of an input side slab waveguide 12 and output waveguides 15 located in the vicinity of an output side slab waveguide 14, optical coupling to adjacent waveguides is reduced by reducing spot sizes, or, optical coupling is reduced by mutually changing the spot diameters of adjacent waveguides. Thus, a low adjacent channel cross talk level is realized.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

02.12.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3116927

[Date of registration]

06.10.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号 ✓  
特開2000-171648  
(P2000-171648A)

(43) 公開日 平成12年6月23日 (2000.6.23)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード (参考)
G 0 2 B 6/12		G 0 2 B 6/12	F 2 H 0 4 7
6/122			D

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-342606

(22) 出願日 平成10年12月2日 (1998.12.2)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 花田 忠彦

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100096105

弁理士 天野 広

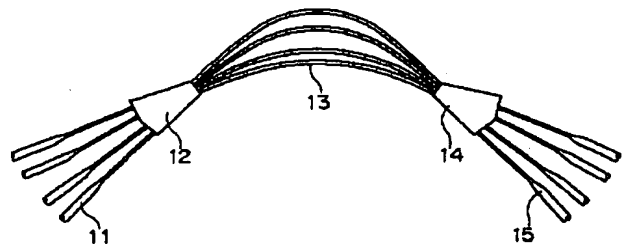
Fターム (参考) 2H047 KA02 KA04 KA12 KA13 KB10  
LA01 LA19 PA21 PA24 TA00  
TA36

(54) 【発明の名称】 アレイ導波路格子

(57) 【要約】

【課題】 低い隣接チャネルクロストークレベルと高い回折効率を同時に実現できるアレイ導波路格子を実現する。

【解決手段】 入力側スラブ導波路12の近傍の入力導波路11及び出力側スラブ導波路14の近傍の出力導波路15において、スポットサイズを縮小し、隣接導波路への光結合を低減させ、あるいは、隣接導波路のスポットサイズ径を互いに変えることにより、光結合を低減させる。これによって、低い隣接チャネルクロストークレベルが実現される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも 1 本の入力導波路と、  
前記入力導波路を介して光信号が入射される入力側スラ  
ブ導波路と、  
前記入力導波路とは反対側の端部において前記入力側ス  
ラブ導波路に取り付けられた複数の導波路よりなるアレ  
イ導波路と、  
前記入力側スラブ導波路とは反対側の端部において前記  
アレイ導波路に取り付けられた出力側スラブ導波路と、  
前記アレイ導波路とは反対側の端部において前記出力側  
スラブ導波路に取り付けられた少なくとも 1 本の出力導  
波路と、

からなるアレイ導波路格子において、  
前記入力導波路及び前記出力導波路は前記入力側スラ  
ブ導波路及び前記出力側スラブ導波路に接続する接続部  
分において、該接続部分以外の部分よりも小さいスポット  
サイズを有していることを特徴とするアレイ導波路格  
子。

【請求項 2】 前記導波路の各々は、基板と、前記基板  
上に形成された下層クラッド層と、前記下層クラッド層  
上に形成されたコアと、前記コアを覆って前記下層クラ  
ッド層上に形成された上層クラッド層と、からなり、  
前記接続部分は、前記下層クラッド層又は前記上層クラ  
ッド層の屈折率を少なくとも部分的に下げるか、あるいは  
は、前記コアの屈折率を上げることにより、形成されて  
いるものであることを特徴とする請求項 1 に記載のアレ  
イ導波路格子。

【請求項 3】 前記導波路の各々は、基板と、前記基板  
上に形成された下層クラッド層と、前記下層クラッド層  
上に形成されたコアと、前記コアを覆って前記下層クラ  
ッド層上に形成された上層クラッド層と、からなり、  
前記接続部分は、前記コアの幅又は高さを少なくとも部  
分的に大きくすることにより得られるものであることを  
特徴とする請求項 1 に記載のアレイ導波路格子。

【請求項 4】 前記導波路の各々は、基板と、前記基板  
上に形成された下層クラッド層と、前記下層クラッド層  
上に形成されたコアと、前記コアを覆って前記下層クラ  
ッド層上に形成された上層クラッド層と、からなり、  
前記接続部分は、前記下層クラッド層又は前記上層クラ  
ッド層の屈折率を少なくとも部分的に下げ、又は、前記  
コアの屈折率を上げ、かつ、前記コアの幅又は高さを少  
なくとも部分的に大きくすることにより得られるもので  
あることを特徴とする請求項 1 に記載のアレイ導波路格  
子。

【請求項 5】 少なくとも 1 本の入力導波路と、  
前記入力導波路を介して光信号が入射される入力側スラ  
ブ導波路と、  
前記入力導波路とは反対側の端部において前記入力側ス  
ラブ導波路に取り付けられた複数の導波路よりなるアレ  
イ導波路と、

前記入力側スラブ導波路とは反対側の端部において前記  
アレイ導波路に取り付けられた出力側スラブ導波路と、  
前記アレイ導波路とは反対側の端部において前記出力側  
スラブ導波路に取り付けられた少なくとも 1 本の出力導  
波路と、

からなるアレイ導波路格子において、  
前記入力導波路及び前記出力導波路は前記入力側スラ  
ブ導波路及び前記出力側スラブ導波路に接続する接続部  
分において、隣接する前記入力導波路又は前記出力導波  
路とは伝播定数が異なることを特徴とするアレイ導波路  
格子。

【請求項 6】 前記入力導波路及び前記出力導波路は前  
記接続部分において等しいスポットサイズを有してお  
り、前記スポットサイズは光信号の入射方向及び出射方  
向において変化するものであり、前記入力導波路及び前  
記出力導波路のうち隣接する導波路の伝播定数が異なる  
ように設定されていることを特徴とする請求項 5 に記載  
のアレイ導波路格子。

【請求項 7】 前記導波路の各々は、基板と、前記基板  
上に形成された下層クラッド層と、前記下層クラッド層  
上に形成されたコアと、前記コアを覆って前記下層クラ  
ッド層上に形成された上層クラッド層と、からなり、  
隣接する導波路の等価屈折率を変化させることにより、  
これら隣接する導波路の伝播定数を異なるものとしてい  
ることを特徴とする請求項 6 に記載のアレイ導波路格  
子。

【請求項 8】 前記下層クラッド層又は前記上層クラ  
ッド層の屈折率を変化させ、あるいは、前記コアの幅又は  
高さを変化させることにより、隣接する導波路の伝播定  
数を異なるものとすることを特徴とする請求項 7 に記載  
のアレイ導波路格子。

【請求項 9】 前記コア又は前記下層クラッド層もしくは  
は前記上層クラッド層の屈折率を光信号の伝播方向にお  
いて変化させることにより、隣接する導波路の伝播定数  
を異なるものとすることを特徴とする請求項 7 に記載の  
アレイ導波路格子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はアレイ導波路格子  
(AWG) に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 アレイ導波路格子は、高密度波長多重光  
ファイバ通信システムに用いられる波長選択フィルタ又  
はアドドロップマックス(ADM)フィルタとして重要  
であり、また、波長ルーティングデバイスとしての応用  
も検討されており、内外で盛んに研究開発が行われてい  
る。

【0003】 アレイ導波路格子は多入力多出力型のフィ  
ルタデバイスであり、波長多重された信号をある一つの  
入力端に導入した場合、多重化された信号を複数の出力

## 3

端の各々に分離する機能を有している。また、その逆の動作を行わせることも可能である。

【0004】また、アレイ導波路格子は石英導波路を用いて構成することにより、光ファイバとの結合に優れ、挿入損失が数 dB 程度の低い挿入損失動作を実現することができる。

【0005】これまでに、アレイ導波路格子について多くの提案がなされている。

【0006】例えば、特開平 8-334638 号公報には、出力用チャネル導波路の近傍に出力用チャネル導波路のクラッドの屈折率よりも大きい屈折率を有する材料からなる部材が配置されている光波長合分波器を提案している。

【0007】また、特開平 9-297228 号公報は、入力用チャネル導波路のコアをパラボラ形状とすることにより、フラットな光周波数特性を実現するアレイ導波路格子を提案している。

【0008】また、特開平 10-177114 号公報は、出力導波路に波長選択フィルタ膜を挿入することにより、アレイ導波路の波長損失特性を低下させずに、各出力導波路から出射される漏話光を低減させることができる光波長合分波器を提案している。

【0009】アレイ導波路格子の一例として、1996 年電子情報学会エレクトロニクスソサイエティ大会講演論文集 1、C-3、162 頁に記載されているアレイ導波路格子を図 7 に示す。図 7 はこのアレイ導波路格子の平面図である。

【0010】図 7 に示すように、アレイ導波路格子は、数本の入力導波路 1 と、入力導波路 1 の一端に連結され、入力導波路 1 を介して光信号が入射される入力側スラブ導波路 2 と、入力導波路 1 とは反対側の端部において入力側スラブ導波路 2 に取り付けられた複数の導波路よりなるアレイ導波路 3 と、入力側スラブ導波路 2 とは反対側の端部においてアレイ導波路 3 に取り付けられた出力側スラブ導波路 4 と、アレイ導波路 3 とは反対側の端部において出力側スラブ導波路 4 に取り付けられた数本の出力導波路 5 と、からなっている。

【0011】入力導波路 1 から入射した光信号は入力側スラブ導波路 2 に入射し、多数の導波路からなるアレイ導波路 3 に等位相で入射する。

【0012】アレイ導波路 3 の入力端と入力導波路 1 の出力端とは異なる円の円周上にそれぞれ配置されており、アレイ導波路 3 の入力端が配置される円の半径は入力導波路 1 の出力端が配置される円の半径の 2 倍であり、アレイ導波路 3 の入力端が配置される円の中心は入力導波路 1 の出力端が配置される円の円周上に配置されている。

【0013】アレイ導波路 3 を構成しているそれぞれの導波路は、入射された光信号に等間隔の位相差を付与するように調整されている。

## 4

【0014】アレイ導波路 3 の他端には出力側スラブ導波路 4 が配置されている。アレイ導波路 3、出力側スラブ導波路 4 及び出力導波路 5 の配置は入力側と同様である。すなわち、アレイ導波路 3 の出力端、出力導波路 5 の入力端はそれぞれ異なる円の円周上に配置されており、アレイ導波路 3 の出力端が配置される円の半径は出力導波路 5 の入力端が配置される円の半径の 2 倍であり、アレイ導波路 3 の出力端が配置される円の中心は出力導波路 5 の入力端が配置される円の円周上に配置されている。

【0015】入力導波路 1 から入力側スラブ導波路 2 へ入射した光は、回折により、入力側スラブ導波路 2 内を広がりながら伝播し、アレイ導波路 3 の入力部へ到達した後、アレイ導波路 3 を構成する各導波路に同位相で分配される。

【0016】アレイ導波路 3 を構成する各導波路を互いに等間隔の位相差を付与されて伝播した光はアレイ導波路 3 の出力端に到達するが、波長分散があるために、波長により等位相面が傾く。この結果、出力側スラブ導波路 4 を伝播した後に、光が集光される位置は波長毎に異なる。この現象を利用して、任意の位置に出力導波路 5 を配置すれば、出力導波路 5 の各導波路に任意の波長の光信号を取り出すことができる。

【0017】図 7 に示したアレイ導波路格子において、入力導波路 1 が入力側スラブ導波路 2 に接続される部分及び出力導波路 5 が出力側スラブ導波路 4 に接続される部分では、隣接する入力又は出力導波路間の間隔が極めて小さい。このため、隣接する入力又は出力導波路との間で光結合が生じ、その結果、隣接チャネルクロストークが劣化する現象が起こっていた。

【0018】これを改善する方法として、入力側及び出力側スラブ導波路 2、4 の伝播距離を長くすることにより、入力導波路 1 及び出力導波路 5 における隣接する導波路間の間隔を広げることができる。

【0019】この場合、入力導波路 1 及び出力導波路 5 と入力側及び出力側スラブ導波路 2、4 との結合部における隣接導波路間の間隔を  $d_1$ 、アレイ導波路 3 と入力側及び出力側スラブ導波路 2、4 との結合部における隣接導波路間の間隔を  $d_2$ 、入力側及び出力側スラブ導波路 2、4 の焦点距離を  $f$  とすると、これらの関係は次式で表される。

【0020】 $(d_1 \times d_2) / f = \text{一定}$

入力導波路 1 及び出力導波路 5 を構成する各導波路間の間隔を広げる場合、入力側及び出力側スラブ導波路 2、4 からの見込み角度が大きくなるため、入力導波路 1、出力導波路 5 の中心部に配置された導波路と周辺部に配置された導波路との間の回折効率差が大きくなる。これに起因して、波長毎の損失差が大きくなり、特に、周辺部に配置された導波路における挿入損失が増大するという問題が生じていた。

## 【0021】

【発明が解決しようとする課題】以上のように、従来のアレイ導波路格子においては、入力側及び出力側スラブ導波路の近傍において生じる光結合に起因して、低い隣接クロストークと回折効率の向上を両立すること困難であった。

【0022】本発明はこのような従来のアレイ導波路格子における問題点を鑑みてなされたものであり、低い隣接チャンネルクロストークレベルと高い回折効率を同時に実現することができるアレイ導波路格子を提供することを目的とする。

## 【0023】

【問題を解決するための手段】この目的を達成するため、本発明に係るアレイ導波路格子は、入力側及び出力側スラブ導波路の近傍の入力導波路及び出力導波路において、スポットサイズを縮小することにより隣接導波路への光結合を低減し、あるいは、隣接導波路のスポットサイズ径を相互に異なるものにするにより隣接導波路への光結合を低減し、もって、低い隣接チャンネルクロストークレベルを実現するものである。

【0024】具体的には、本発明のうち、請求項1は、少なくとも1本の入力導波路と、入力導波路を介して光信号が入射される入力側スラブ導波路と、入力導波路とは反対側の端部において入力側スラブ導波路に取り付けられた複数の導波路よりなるアレイ導波路と、入力側スラブ導波路とは反対側の端部においてアレイ導波路に取り付けられた出力側スラブ導波路と、アレイ導波路とは反対側の端部において出力側スラブ導波路に取り付けられた少なくとも1本の出力導波路と、からなるアレイ導波路格子において、入力導波路及び出力導波路は入力側スラブ導波路及び出力側スラブ導波路に接続する接続部分において、該接続部分以外の部分よりも小さいスポットサイズを有していることを特徴とするアレイ導波路格子を提供する。

【0025】接続部分のスポットサイズを他の部分よりも小さくすることは種々の方法により達成することができる。

【0026】例えば、導波路の各々が、基板と、基板上に形成された下層クラッド層と、下層クラッド層上に形成されたコアと、コアを覆って下層クラッド層上に形成された上層クラッド層と、からなるものであるばあい、請求項2に記載されているように、下層クラッド層又は上層クラッド層の屈折率を少なくとも部分的に下げるか、あるいは、コアの屈折率を上げることにより、接続部分のスポットサイズを他の部分よりも小さくすることができる。

【0027】あるいは、請求項3に記載されているように、コアの幅又は高さを少なくとも部分的に大きくすることによっても、接続部分のスポットサイズを他の部分よりも小さくすることができる。

【0028】さらには、請求項4に記載されているように、接続部分は、下層クラッド層又は上層クラッド層の屈折率を少なくとも部分的に下げ、又は、コアの屈折率を上げるとともに、コアの幅又は高さを少なくとも部分的に大きくすることによっても、接続部分のスポットサイズを他の部分よりも小さくすることができる。

【0029】請求項5は、少なくとも1本の入力導波路と、入力導波路を介して光信号が入射される入力側スラブ導波路と、入力導波路とは反対側の端部において入力側スラブ導波路に取り付けられた複数の導波路よりなるアレイ導波路と、入力側スラブ導波路とは反対側の端部においてアレイ導波路に取り付けられた出力側スラブ導波路と、アレイ導波路とは反対側の端部において出力側スラブ導波路に取り付けられた少なくとも1本の出力導波路と、からなるアレイ導波路格子において、入力導波路及び出力導波路は入力側スラブ導波路及び出力側スラブ導波路に接続する接続部分において、隣接する入力導波路又は出力導波路とは伝播定数が異なることを特徴とするアレイ導波路格子を提供する。

【0030】請求項6に記載されているように、入力導波路及び出力導波路が接続部分において等しいスポットサイズを有しており、このスポットサイズは光信号の入射方向及び出射方向において変化するものであり、入力導波路及び出力導波路のうち隣接する導波路の伝播定数が異なるように設定されていることが好ましい。

【0031】隣接する導波路の伝播定数を相互に異なるものにするには種々の方法により行うことができる。

【0032】例えば、請求項7に記載されているように、導波路の各々が、基板と、基板上に形成された下層クラッド層と、下層クラッド層上に形成されたコアと、コアを覆って下層クラッド層上に形成された上層クラッド層と、からなるものである場合、隣接する導波路の等価屈折率を変化させることにより、これら隣接する導波路の伝播定数を異なるものとするることができる。

【0033】あるいは、請求項8に記載されているように、下層クラッド層又は上層クラッド層の屈折率を変化させ、あるいは、コアの幅又は高さを変化させることによっても、隣接する導波路の伝播定数を異なるものとするることができる。

【0034】あるいは、請求項9に記載されているように、コア又は下層クラッド層もしくは上層クラッド層の屈折率を光信号の伝播方向において変化させることによっても、隣接する導波路の伝播定数を異なるものとするることができる。

## 【0035】

【発明の実施の形態】本発明の第一の実施形態に係るアレイ導波路格子を図1乃至図3に示す。図1は本実施形態に係るアレイ導波路格子の平面図であり、図2は本実施形態に係るアレイ導波路格子の断面図であり、図3は本実施形態に係るアレイ導波路格子の特性図である。

【0036】図1に示すように、本実施形態に係るアレイ導波路格子は、数本の入力導波路11と、入力導波路11の一端に連結され、入力導波路11を介して光信号が入射される入力側スラブ導波路12と、入力導波路11とは反対側の端部において入力側スラブ導波路12に取り付けられた複数の導波路よりなるアレイ導波路13と、入力側スラブ導波路12とは反対側の端部においてアレイ導波路13に取り付けられた出力側スラブ導波路14と、アレイ導波路13とは反対側の端部において出力側スラブ導波路14に取り付けられた数本の出力導波路15と、からなる。

【0037】図2に示すように、各導波路は、基板16と、基板16上に形成された下層クラッド層17と、下層クラッド層17上に形成され、下層クラッド層17より高い屈折率を有するコア18と、コア18を覆うように下層クラッド層17上に形成され、コア18より低い屈折率を有する上層クラッド層19と、からなっている。

【0038】図3は、下層クラッド層17及び上層クラッド層19の屈折率がともに1.475であり、コア18の幅及び高さが $4\mu\text{m}$ に設定されている石英導波路において、比屈折率差を0.7%から1.3%まで変化させることにより、出力導波路15の出力側スラブ導波路14の近傍におけるスポットサイズを $2.5\mu\text{m}$ から $3.1\mu\text{m}$ まで変化させた場合の光結合の特性図である。この特性図は、出力導波路15の導波路分離角度が $0.0027\text{rad}$ 、入力導波路11及び出力導波路15における各導波路間の間隔が $12\mu\text{m}$ である場合に、BPMを用いて計算を行って得られたものである。

【0039】スポットサイズの制御は、導波路の幅を変化させることにより行ったが、導波路の高さを変化させることによっても可能である。

【0040】また、屈折率を制御するためのドーパント濃度を変えたり、紫外線を照射することによりガラスの屈折率が変化する紫外線照射屈折率変化等で代表される屈折率制御を用いて比屈折率差を制御したり、それと同時に、コアの形状を変化させることによっても、スポットサイズの制御は可能である。

【0041】図3によると、出力導波路15のスポットサイズを小さくすることにより、隣接する導波路への光結合は小さくなっていることがわかる。これは各出力導波路15のモードの重なりが小さくなったためであり、この性質を利用して、導波路分離角度や導波路間隔などのパラメータを変えることなく、出力導波路15の光結合を小さくすることができる。

【0042】以上は入力導波路11と入力側スラブ導波路12との境界面においても同様である。

【0043】このように、本実施形態に係るアレイ導波路格子によれば、回折効率を一定に保ったまま、入力導波路11及び出力導波路15の光結合を低減でき、隣接

チャネルクロストークレベルを改善できる。

【0044】ただし、スポットサイズを小さくすると光ファイバとの結合効率が増加してしまうため、隣接する導波路の間隔が十分大きく、従って、光結合が小さくなった領域においてスポットサイズの変換を行うことが望ましい。

【0045】基板16としては、シリコン基板、ガラス基板、セラミック基板等が一般的に用いられる。これらの基板の中では、コストが低く、容易に異方性エッチングによるファイバガイドが形成でき、電気回路のハイブリッド化に適しているシリコン基板が適している。

【0046】コア18、下層クラッド層17及び上層クラッド層19の材料としては、リン、ゲルマニウム、チタン、ボロン、フッ素等を石英に添加した材料を用いる。光信号が通過するコア18は下層クラッド層17及び上層クラッド層19よりも高い屈折率を有するように調整されている。

【0047】コア18、下層クラッド層17及び上層クラッド層19の成膜方法としては常圧CVD法、火炎堆積法、スパッタ法、スピンコート法、電子ビーム蒸着法等が用いられる。

【0048】コア18は次のようにして形成される。

【0049】先ず、基板16上に下層クラッド層17及びコア層を成膜する。その後、フォトリソグラフィを用いて、所定のパターンをコア層に転写し、反応性イオンエッチング(RIE)装置や反応性イオンビームエッチング(RIBE)装置等を用いるドライエッチング法によりコア層をエッチングする。これにより、コア18が形成される。

【0050】なお、電子ビームやレーザー直描によっても、アレイ導波路格子のパターンを形成することができる。

【0051】最後に、コア18を覆うようにして下層クラッド層17上に上層クラッド層19を成膜する。これにより、埋め込み型導波路によるアレイ導波路格子が得られる。

【0052】スポットサイズの制御は導波路の高さ又は幅を光の伝播方向に対して変化させるという方法が最も簡単であるが、コア18又はクラッド層17、19の屈折率を伝播方向に対して変化させることによっても可能である。

【0053】本発明の第二の実施形態に係るアレイ導波路格子を図4及び図5に示す。図4は本実施形態に係るアレイ導波路格子の平面図であり、図5は本実施形態に係るアレイ導波路格子の特性図である。

【0054】図4に示すように、本実施形態に係るアレイ導波路格子は、数本の入力導波路21と、入力導波路21の一端に連結され、入力導波路21を介して光信号が入射される入力側スラブ導波路22と、入力導波路21とは反対側の端部において入力側スラブ導波路22に

10

20

30

40

50

取り付けられた複数の導波路よりなるアレイ導波路 23 と、入力側スラブ導波路 22 とは反対側の端部においてアレイ導波路 23 に取り付けられた出力側スラブ導波路 24 と、アレイ導波路 23 とは反対側の端部において出力側スラブ導波路 24 に取り付けられた数本の出力導波路 25 と、からなる。

【0055】各導波路は、図 2 に示したように、基板 16 と、下層クラッド層 17 と、コア 18 と、上層クラッド層 19 と、からなる。

【0056】本実施形態に係るアレイ導波路格子においては、図 4 に示すように、出力導波路 25a とそれに隣接する出力導波路 25b とは相互に伝播定数が異なるように形成されている。

【0057】同様に、入力導波路 21a とそれに隣接する入力導波路 21b とは相互に伝播定数が異なるように形成されている。

【0058】伝播定数の異なる出力導波路 25a、25b を得るためには、導波路の等価屈折率を変化させればよい。導波路の等価屈折率は、コアの幅又は高さを変化させるか、あるいは、コア、下層クラッド層及び上層クラッド層の屈折率を変化させることにより、変化させることができる。

【0059】図 5 は、下層クラッド層 17 及び上層クラッド層 19 の屈折率が 1.475、比屈折率差が 0.7% であり、出力導波路 25a の伝播定数を  $\beta_1 = 5.985356e6$  としたときに、出力導波路 25a の伝播定数 ( $\beta_1$ ) と出力導波路 25b の伝播定数 ( $\beta_2$ ) との差 ( $\Delta\beta = \beta_1 - \beta_2$ ) を、コア 18 の幅と高さを 3.5  $\mu\text{m}$  から 6  $\mu\text{m}$  まで変化させることにより、変化させた場合の光結合によるクロストークの特性図である。図 5 においては、出力導波路の導波路分離角度を約 0.0027 rad、導波路間隔を 12  $\mu\text{m}$  として計算を行った。

【0060】図 5 によると、出力導波路 25a の伝播定数 ( $\beta_1$ ) と出力導波路 25b の伝播定数 ( $\beta_2$ ) との差  $\Delta\beta$  の絶対値が大きくなるほど、光結合に起因するクロストークは小さくなることが分かる。

【0061】これは入力導波路 21a、21b と入力側スラブ導波路 22 との境界面においても同様である。

【0062】この結果より、互いに隣接する入力導波路 21a、21b 及び出力導波路 25a、25b の入力側スラブ導波路 22 及び出力側スラブ導波路 24 近傍における伝播定数を変えることにより、入力導波路 21a、21b 及び出力導波路 25a、25b における隣接導波路への光結合を小さくすることができる。

【0063】このように、本実施形態に係るアレイ導波路格子によれば、従来と同じ導波路間隔を保ちながら隣接クロストークレベルを低減することができる。

【0064】本発明の第三の実施形態に係るアレイ導波路格子を図 6 に示す。図 6 は本実施形態に係るアレイ導波路格子の平面図である。

【0065】図 6 に示すように、本実施形態に係るアレイ導波路格子は、数本の入力導波路 31 と、入力導波路 31 の一端に連結され、入力導波路 31 を介して光信号が入射される入力側スラブ導波路 32 と、入力導波路 31 とは反対側の端部において入力側スラブ導波路 32 に取り付けられた複数の導波路よりなるアレイ導波路 33 と、入力側スラブ導波路 32 とは反対側の端部においてアレイ導波路 33 に取り付けられた出力側スラブ導波路 34 と、アレイ導波路 33 とは反対側の端部において出力側スラブ導波路 34 に取り付けられた数本の出力導波路 35 と、からなる。

【0066】各導波路は、図 2 に示したように、基板 16 と、下層クラッド層 17 と、コア 18 と、上層クラッド層 19 と、からなる。

【0067】前述の第二の実施形態においては、入力導波路 21a、21b と出力導波路 25a、25b とはそれぞれ伝播定数が異なるように設定されている。このように、入力導波路 21a、21b と入力側スラブ導波路 22 との境界及び出力側スラブ導波路 24 と出力導波路 25a、25b との境界において伝播定数が異なると、その点におけるスポットサイズが各チャネル毎に異なることになる一方、出力側スラブ導波路 24 の出口におけるスポットサイズはチャネルによらず一定であるため、両者のオーバーラップ積分と一致する結合効率がチャネル毎に異なり、チャネル間の挿入損失のばらつきが発生することとなる。

【0068】本実施形態に係るアレイ導波路格子においては、この問題を解決するために、出力側スラブ導波路 34 と出力導波路 35 との境界において出力導波路 35 を構成する全導波路のスポットサイズを等しく保ちつつ、隣接する導波路の伝播定数を不等となるように調整している。この場合、チャネル間の結合効率の劣化は存在しない。

【0069】伝播定数を不等とする制御は導波路の幅を光の伝播方向に対して変化させるという方法が最も簡単であるが、コア 18 の屈折率やクラッド層 17、19 の屈折率を伝播方向に対して変化させることによっても可能である。

【0070】この際、急激な伝播定数の変化を起こすと損失が増加するため、適度に緩やかなテーパとすることにより、損失を低減させることができる。

【0071】

【発明の効果】以上のように、本発明に係るアレイ導波路格子によれば、従来のアレイ導波路格子よりもクロストークが低く、かつ、回折効率が低いアレイ導波路格子を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】図 1 は本発明の第一の実施形態に係るアレイ導波路格子の平面図である。

【図 2】図 2 は本発明の第二の実施形態に係るアレイ導

波路格子の断面図である。

【図 3】 図 3 は第一の実施形態に係るアレイ導波路格子の特性図である。

【図 4】 図 4 は本発明の第二の実施形態に係るアレイ導波路格子の平面図である。

【図 5】 図 5 は第二の実施形態に係るアレイ導波路格子の特性図である。

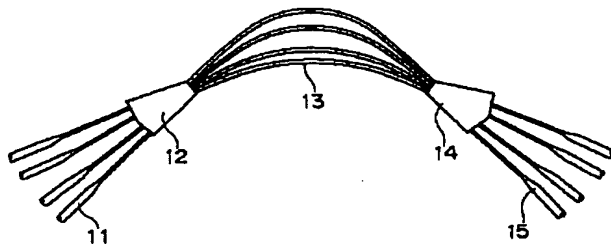
【図 6】 図 6 は本発明の第三の実施形態に係るアレイ導波路格子の平面図である。

【図 7】 図 7 は従来のアレイ導波路格子の平面図であ

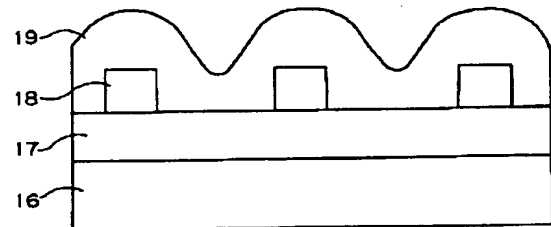
【符号の説明】

- 1、11、21、31 入力導波路
- 2、12、22、32 入力側スラブ導波路
- 3、13、23、33 アレイ導波路
- 4、14、24、34 出力側スラブ導波路
- 5、15、25、35 出力導波路
- 16 基板
- 17 下層クラッド層
- 18 コア
- 19 上層クラッド層

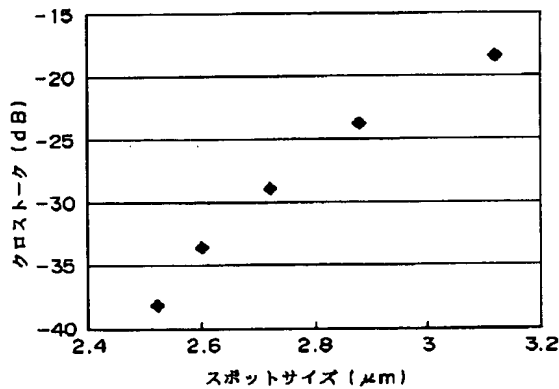
【図 1】



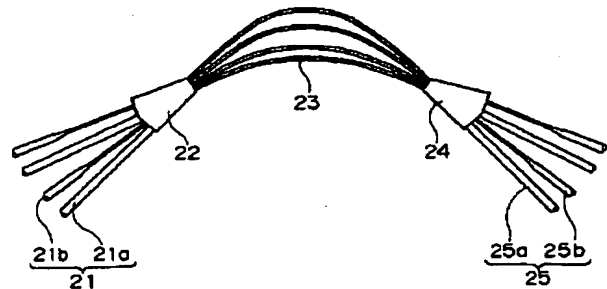
【図 2】



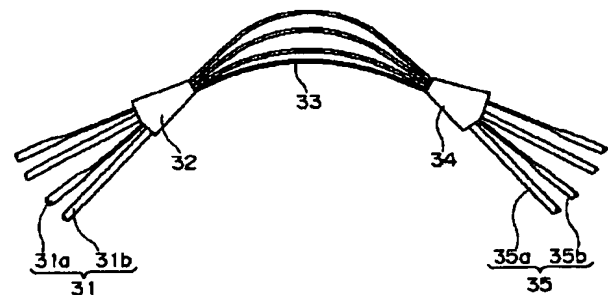
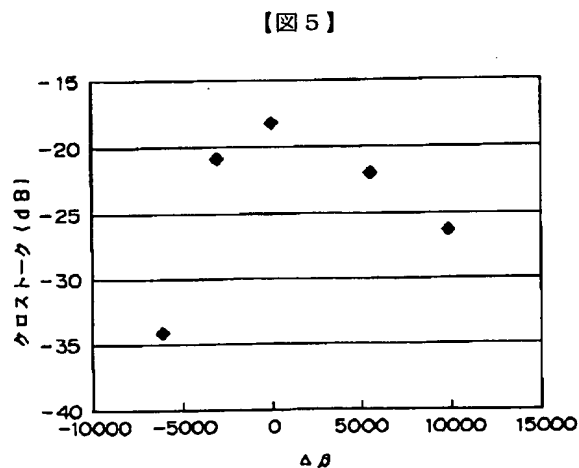
【図 3】



【図 4】



【図 6】





【図 7】

